

Agricultura 4.0: Integrando *Blockchain* para una Producción Más Eficiente y Sostenible

Ali Ahmad – Universitat Politècnica de València	 0000-0001-5530-7374
Javier Ordoñez García – Universidad de Granada	 0000-0002-7865-1490
Angelos Alexopoulos – Industrial Systems Institute, Athena, Greece	 0000-0002-0892-6161
Konstantinos Koutras-Industrial Systems Institute, Athena, Greece	 0000-0003-0600-091X
Athanasios Kalogeras – Industrial Systems Institute, Athena, Greece	 0000-0001-5914-7523
Kyriakos Stefanidis – Industrial Systems Institute, Athena, Greece	 0000-0002-2090-2218
Pedro Cartujo Cassinello – Universidad de Granada	 0000-0001-6072-3137
Luis F García del Moral Garrido – Universidad de Granada	 0000-0002-0533-2915
Vanessa Martos Núñez – Universidad de Granada	 0000-0001-6442-7968

Fecha de publicación: 11.04.2024

Correspondencia a través de **ORCID**: Vanessa Martos Núñez  **0000-0001-6442-7968**

Citar: Ahmad, A, Ordoñez García, J, Alexopoulos, A, Koutras, K, Kalogeras, A, Stefanidis, K, Cartujo Cassinello, P, García del Moral Garrido, LF, & Martos Núñez, V (2024). Agricultura 4.0: Integrando *Blockchain* para una Producción Más Eficiente y Sostenible. *REIDOCREA*, 13(15), 206-212.

Financiación: Financiado por el Proyecto "SUSTAINABLE" project, which is funded by the European Union's Horizon 2020 Project H2020-MSCA-RISE-2020, under Grant Agreement 101007702.

Área o categoría del conocimiento: Agricultura 4.0

Revisión por pares abierta	Claudia Vanina Arias  0000-0003-3345-030X
Recepción: 29.03.2024	Eloy Navarro León  0000-0002-8089-1039
Aceptado: 11.04.2024	José M García Ramírez  0000-0002-9142-6503

Resumen: La agricultura es una industria fundamental que desempeña un papel crucial en la seguridad alimentaria global. En los últimos años, la tecnología *blockchain* ha emergido como una herramienta transformadora con el potencial de mejorar la eficiencia, transparencia y sostenibilidad en diversas industrias. Este artículo explora las aplicaciones específicas de la tecnología *blockchain* en el sector agrícola y cómo puede contribuir a superar desafíos clave, como la trazabilidad, la gestión de la cadena de suministro y la facilitación de transacciones seguras. Esta revisión se enmarca en las investigaciones realizadas en el proyecto europeo H2020, *SUSTAINABLE*, cuyo objetivo estratégico es probar y validar nuevos sistemas de inteligencia artificial (IA) de vanguardia como sistema de apoyo a la toma de decisiones (DSS); sobre una base económica y técnica sólida; para los procedimientos adecuados de gestión de la agricultura de precisión en función de las condiciones climáticas; geográficas y medioambientales específicas.

Palabra clave: *Blockchain* aplicado a la agricultura

Agriculture 4.0: Integrating Blockchain for More Efficient and Sustainable Production

Abstract: Agriculture is an essential industry that plays a crucial role in global food security. In recent years, blockchain technology has emerged as a transformative tool with the potential to improve efficiency, transparency and sustainability in various industries. This article explores the specific applications of blockchain technology in the agricultural sector and how it can contribute to overcoming key challenges, such as traceability, supply chain management and facilitating secure transactions. This review is part of the research carried out in the European H2020 project, *SUSTAINABLE*, whose strategic objective is to test and validate new state of the art Artificial Intelligence (AI) systems as decision support systems (DSS), on a sound economic and technical basis, for appropriate management procedures in precision agriculture depending on specific climatic, geographical and environmental conditions.

Keyword: Blockchain applied to agriculture

Introducción

El término industria 4.0 se refiere a lo que se ha venido en llamar “cuarta revolución industrial” e incluye tecnologías tales como realidad aumentada, Internet de las Cosas,

Big Data, computación en la nube, ciberseguridad, fabricación con impresión 3D, simulación y, por supuesto, la tecnología *Blockchain* (BC).

Esta última tecnología (BC) es un sistema que se apoya en una red *peer-to-peer* (P2P). Se caracteriza porque no es necesario un sistema de servidores fijos, sino que el sistema funciona como una serie de nodos que se comportan como iguales entre sí. Los nodos de la red, que se corresponde con los participantes en la misma, tienen como objetivo actualizar y mantener la estabilidad de una base de datos públicas llamada cadena de bloques. Esta cadena de bloques registra las transacciones que han tenido lugar en la red Bitcoin. Cada uno de los nodos actúa como cliente y servidor simultáneamente permitiendo el intercambio de información entre los diferentes ordenadores que se encuentran en los nodos de la red. El sistema se puede implementar sobre una red pública como es el caso de internet (Commission, 2023; Ordóñez et al., 2023).

En el marco del proyecto *SUSTAINABLE*, los investigadores han llevado a cabo un análisis de la literatura que tiene como objetivo analizar los desafíos para la aplicación de la tecnología BC en la agricultura, agrupando estos en siete categorías: Política, Económica, Social, Tecnológica, Ambiental, Legal y de Seguridad. La investigación ha detectado una serie de brechas tecnológicas relacionadas con la aplicación de la tecnología BC en general y en la agricultura en particular y que están relacionadas con los desafíos de escalabilidad, seguridad y descentralización (Ordóñez et al., 2023).

La naturaleza del sector agrícola como una red a gran escala requiere el almacenamiento de una gran cantidad de datos, lo que lleva a problemas de capacidad de almacenamiento. Los problemas de conectividad en áreas rurales también surgen como una brecha importante, uno de los principales retos es la disponibilidad y accesibilidad a la infraestructura tecnológica. En muchas áreas agrícolas, especialmente en países desfavorecidos, la falta de acceso a internet de alta velocidad y dispositivos tecnológicos limita la adopción de BC. La implementación exitosa requerirá inversiones significativas en infraestructura digital y esfuerzos para cerrar la brecha tecnológica (Subramanian et al., 2020). La complejidad y la escalabilidad también presentan un desafío tecnológico significativo y un problema en relación con la cadena de suministro agrícola compleja que constituye un desafío a gran escala. Otro reto es el de la seguridad que sigue siendo un problema que debe abordarse eficientemente, y que comprende problemas de ciberseguridad, privacidad, responsabilidad y auditabilidad. Por lo tanto, el desarrollo de protocolos sólidos de privacidad y seguridad es esencial para garantizar la confianza de los usuarios (van den Heuvel et al., 2021).

Además, la falta de estándares comunes y la interoperabilidad entre diferentes plataformas BC son obstáculos importantes. La agricultura implica la colaboración de múltiples actores, y la falta de un marco estandarizado puede dificultar la integración efectiva de la tecnología BC en toda la cadena de suministro. Por otra parte, la implementación de BC conlleva, adquisición de tecnología, desarrollo de software y formación. Para muchos agricultores, estos costos pueden ser prohibitivos. Garantizar la sostenibilidad financiera, proporcionar incentivos económicos, así como una formación y capacitación adecuada y efectiva para la adopción de BC son desafíos importantes a superar (Ordóñez et al., 2023).

La agricultura enfrenta retos significativos, como la trazabilidad limitada de productos, la falta de transparencia en la cadena de suministro y la complejidad en las transacciones financieras (Ordóñez et al., 2023). La tecnología BC, con su capacidad para proporcionar un libro de contabilidad descentralizado y seguro, ofrece soluciones

innovadoras para abordar estos problemas (**Figura 1**). Una síntesis de las aplicaciones de la tecnología BC en la gestión agrícola se encuentra expuesta en la **Tabla 1**.

Trazabilidad y Autenticidad

La trazabilidad de los productos agrícolas es crucial para garantizar la seguridad alimentaria y cumplir con los estándares de calidad. La implementación de BC en la agricultura permite la creación de registros inmutables de cada etapa del proceso, desde la siembra hasta la distribución y puesta en mercado, desde el campo a la mesa. Los consumidores pueden acceder fácilmente a esta información, garantizando la autenticidad y trazabilidad de los productos agroalimentarios y fortaleciendo la confianza en la cadena de suministro (Durrant et al., 2021; Lashkari & Musilek, 2021; Noor et al., 2022).

El uso de la tecnología BC resulta ventajoso para lograr la trazabilidad en diversos sectores. Además, esta tecnología permite a todas las partes involucradas verificar la historia completa del producto, así como su ubicación actual. Asimismo, la tecnología proporciona transparencia para todos los participantes. Debido a la técnica irreversible de almacenamiento de datos, la tecnología BC genera un nivel único de credibilidad, lo que contribuye a una industria más sostenible. La información almacenada en la BC permite a las empresas fortalecer las relaciones con los clientes actuales y atraer a nuevos (Janssen et al., 2020).

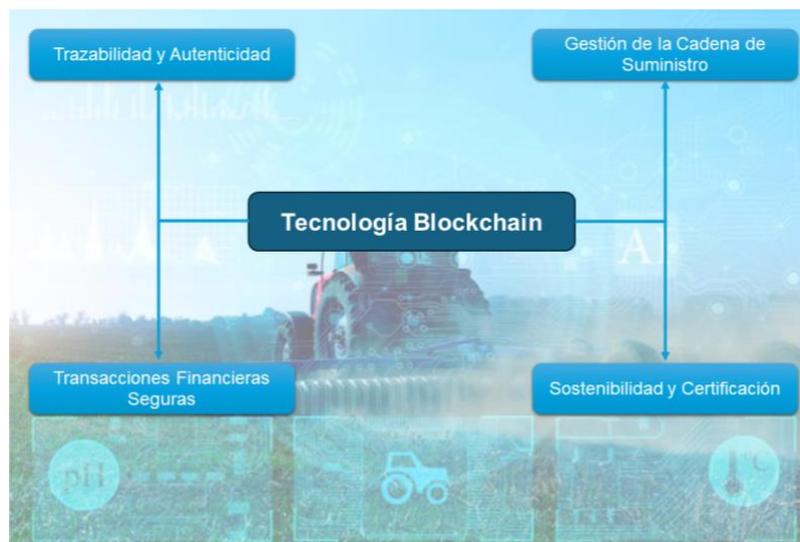


Figura 1. Aplicaciones de la tecnología Blockchain en agricultura 4.0

Gestión de la Cadena de Suministro

La cadena de suministro agrícola es compleja y a menudo involucra a múltiples partes interesadas. La tecnología BC facilita la coordinación y colaboración al proporcionar un registro compartido y seguro de la información relevante. Los contratos inteligentes en la cadena de bloques pueden automatizar procesos, como la programación de envíos, la gestión de inventarios y la verificación de la calidad, reduciendo los errores y mejorando la eficiencia (Dal Mas et al., 2023; Ordóñez et al., 2023).

La tecnología BC ofrece beneficios significativos en la cadena de suministro agrícola y alimentaria. Desde la perspectiva de los productores, facilita la construcción de confianza con los consumidores al proporcionar información transparente sobre los productos, lo que mejora la reputación y competitividad de las empresas (Ge et al.,

2017). Asimismo, desde el punto de vista de los consumidores, la tecnología BC asegura la disponibilidad de información veraz y confiable sobre la producción y transacción de alimentos, abordando así preocupaciones sobre seguridad y calidad alimentaria, al tiempo que permite una mayor interacción con los productores para comprender mejor el proceso de producción (Ge et al., 2017; Jabbar et al., 2021). Desde la perspectiva de las agencias reguladoras, la tecnología BC proporciona datos precisos y fiables que facilitan la implementación de regulaciones informadas y eficientes (Chen, 2018; Zhou et al., 2016).

Por otro lado, la BC permite el registro seguro e inmutable de información desde el origen hasta la venta minorista de productos alimenticios, lo que ayuda a detectar fraudes como la inclusión de ingredientes no declarados. Sin embargo, la implementación de la tecnología BC en la cadena de suministro de alimentos se encuentra en etapas tempranas de desarrollo, con desafíos en su aplicación y necesidad de colaboración entre las partes involucradas (Kamath, 2018; Montecchi et al., 2019). A pesar de estas limitaciones, su capacidad para proporcionar transparencia, seguridad y descentralización en la cadena de suministro promete reducir el fraude y los costos de gestión, beneficiando tanto a productores como a consumidores, así como a las agencias regulatorias.

Transacciones Financieras Seguras

La agricultura implica una variedad de transacciones financieras, como pagos a agricultores, proveedores, adquisición de suministros y financiamiento de proyectos. La tecnología BC permite transacciones seguras y transparentes a través de contratos inteligentes, eliminando intermediarios y reduciendo los costos asociados. Esto es especialmente beneficioso en zonas donde el acceso a servicios bancarios es limitado (Ordóñez et al., 2023; Xiong et al., 2020).

Las innovaciones en la aplicación de la tecnología BC en diversos campos de las finanzas empresariales, como los servicios empresariales, las transacciones económicas, los pagos digitales y la integración de los intereses de los consumidores y el público en el sistema bancario actual, han proporcionado beneficios para varias partes. Las ventajas de esta tecnología BC ayudan a la industria financiera a analizar los riesgos en la financiación de la industria agrícola. Por lo tanto, beneficiará a ambas partes, es decir, a los agricultores y a los bancos, porque los datos de actividad son más rastreables, confiables y transparentes (Gao et al., 2018; Haferkorn & Quintana Diaz, 2015; Rijanto, 2021).

La aplicación de la tecnología BC en la gestión de la cadena de suministro se ha implementado desde 2016. Se prevé que la aplicación de la tecnología BC crezca a una tasa de crecimiento anual del 87% y aumente de \$45 millones en 2018 a \$3.314,6 millones en 2023 en los Estados Unidos. Por ejemplo, en 2016, la empresa AgriDigital en los Estados Unidos llevó a cabo la primera liquidación del mundo de la venta de 23,46 toneladas de trigo utilizando la tecnología BC. Y más de 1.300 usuarios y 1,6 millones de toneladas de granos se han transaccionado a través del sistema de BC basado en la nube. Esta actividad involucró una transacción de pago a los agricultores de \$360 millones (Chang et al., 2020; Rijanto, 2021).

Sostenibilidad y Certificación

El rastreo fiable de prácticas agrícolas sostenibles es esencial para la certificación y la etiqueta ecológica (Alobid et al., 2022). BC puede almacenar de manera segura datos relacionados con prácticas agrícolas, uso de pesticidas, fertilizantes y condiciones

climáticas, lo que facilita la obtención de certificaciones y respalda la comercialización y consumo de productos sostenibles. Desde 2014, diversos estudios han reconocido que la aplicación de la tecnología BC no se limita únicamente a la criptomoneda y las transacciones financieras (Akram et al., 2020; Alobid et al., 2022; Ordóñez et al., 2023).

Dada la importancia del flujo de información en diferentes fases de la cadena de suministro, se han identificado varias aplicaciones novedosas de la tecnología BC en esta área. Estas incluyen el almacenamiento y acceso de registros, la autenticación, sistemas de firma, contratos inteligentes, distribución de productos elaborados localmente y accesibilidad en tiempo real de la distribución de bienes. Además, se ha observado que los beneficios distintivos derivados de la aplicación de la tecnología BC aportan sostenibilidad a la cadena de suministro y hacen que la compleja cadena de suministro agrícola sea más eficiente (Mukherjee et al., 2022; Tayeb & Lago, 2018).

La tecnología BC tiene importantes vínculos con el modelo de economía circular, ya que comparte características que transforman los negocios y la economía global (Carson et al., 2018; Okorie et al., 2018). Los principios de la economía circular actúan como generadores de valor para productos que maximizan la duración de su ciclo de vida y facilitan la regeneración del producto al final de su vida útil. La tecnología BC ayuda a las empresas a avanzar hacia la economía circular al facilitar la recopilación, análisis e integración de datos. Se ha encontrado que el origen de los productos hasta el producto final, involucrando actores y procesos, puede rastrearse utilizando el libro mayor de BC. Además, se ha observado que la mayor visibilidad, automatización, ejecución inteligente, incentivos financieros y parámetros de confiabilidad de BC pueden ayudar a resaltar la reutilización, el reciclaje, la gestión del rendimiento circular y la optimización en la cadena de suministro (Janssen et al., 2020; Mukherjee et al., 2022; Queiroz & Wamba, 2019).

Tabla 1. Resumen de aplicaciones de la tecnología Blockchain en la gestión agrícola.

Tema	Descripción	Referencias
Trazabilidad y Autenticidad	La tecnología Blockchain (BC) en la agricultura permite la creación de registros inmutables desde la siembra hasta la distribución, asegurando la autenticidad y trazabilidad de los productos alimentarios.	(Durrant et al., 2021; Lashkari & Musilek, 2021; Noor et al., 2022)
Gestión de la Cadena de Suministro	La tecnología BC facilita la coordinación y colaboración en la cadena de suministro agrícola, proporcionando un registro compartido y seguro, además de automatizar procesos a través de contratos inteligentes.	(Dal Mas et al., 2023; Ordóñez et al., 2023)
Transacciones Financieras Seguras	La tecnología BC permite transacciones financieras seguras y transparentes, eliminando intermediarios y reduciendo costos.	(Gao et al., 2018; Haferkorn & Quintana Diaz, 2015; Rijanto, 2021)
Sostenibilidad y Certificación	La BC almacena datos relacionados con prácticas agrícolas sostenibles, facilitando la obtención de certificaciones y respaldando la comercialización de productos sostenibles.	(Alobid et al., 2022; Mukherjee et al., 2022; Tayeb & Lago, 2018)

Desafíos y Consideraciones

A pesar de sus ventajas, la implementación de BC en la agricultura presenta desafíos, como la adopción generalizada, la interoperabilidad de sistemas y la inversión inicial. Es crucial abordar estos desafíos para maximizar el potencial de la tecnología en el sector agrícola (Dal Mas et al., 2023; Ordóñez et al., 2023; Torkey & Hassanein, 2020). En la **Tabla 2** se presenta un resumen de los retos con sus posibles soluciones para la implantación de BC en la agricultura.

Además, se requiere más investigación sobre la motivación de las partes involucradas para proporcionar información genuina y precisa al libro mayor de la BC, especialmente en el caso de la agricultura de pequeña escala. Los beneficios de las tecnologías BC para los agricultores podrían depender del tamaño del sistema productivo, ya que mientras las granjas más pequeñas podrían participar fácilmente en un mercado de seguros basado en BC, la recolección e integración de datos en la granja podría ser más conveniente para las granjas más grandes. Por lo tanto, la investigación futura debería anticipar qué granjas podrían beneficiarse y cuáles podrían perder con la introducción de soluciones basadas en BC (Akram et al., 2020; Torky & Hassanein, 2020; Xiong et al., 2020).

Asimismo, la obtención de datos cargados en una BC puede ser muy costosa, lo que será una barrera para la adopción de la tecnología BC en el sector. Si bien la configuración del libro mayor distribuido en sí puede ser relativamente barata, la recolección de datos necesarios para que el libro mayor sea útil podría ser costosa, lo que aumenta la discrepancia de ingresos y plantea preocupaciones sobre la equidad. En tercer lugar, la BC no se integra directamente de manera perfecta con los sistemas heredados existentes, por lo que se necesitan infraestructuras y protocolos de comunicación para que la implementación sea exitosa, lo que puede resultar en un proceso prolongado y costoso (Sylvester, 2019; Xiong et al., 2020).

El uso de la tecnología BC es un área de investigación prometedora para abordar los desafíos en el desarrollo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en las Pequeñas y Medianas Empresas (PYMEs). Puede mejorar la eficiencia y el rendimiento del sector agrícola y su cadena de suministro. Además, puede aumentar la competitividad general de las PYMEs y facilitar la implementación de modelos comerciales avanzados. El uso de tecnologías de la industria 4.0 aplicadas a la agricultura puede ayudar a cumplir los objetivos anteriores de lucha contra la pobreza, siendo este el objetivo principal de los trabajos de este grupo de investigadores internacionales (Jabbar et al., 2021; Jothikumar, 2021).

Tabla 2. Resumen de retos con sus posibles soluciones para la implantación de Blockchain en agricultura.

Referencias	Retos o Desafíos	Posibles Soluciones
(Dal Mas et al., 2023; Ordóñez et al., 2023; Torky & Hassanein, 2020)	Adopción generalizada de la tecnología Blockchain (BC).	Campañas de concienciación y capacitación, incentivos fiscales.
(Akram et al., 2020; Sylvester, 2019; Torky & Hassanein, 2020; Xiong et al., 2020)	Motivación de las partes para proporcionar información precisa.	Establecimiento de incentivos económicos, regulaciones claras.
(Sylvester, 2019; Xiong et al., 2020)	Costo de la obtención de datos para la BC.	Uso de técnicas de muestreo, colaboración entre partes interesadas.
(Akram et al., 2020; Jothikumar, 2021; Torky & Hassanein, 2020)	Interoperabilidad con sistemas heredados.	Desarrollo de protocolos de comunicación e integración de sistemas.
(Dal Mas et al., 2023; Ordóñez et al., 2023)	Inversión inicial necesaria para implementación.	Financiamiento público-privado, programas de subvenciones.
(Jabbar et al., 2021; Jothikumar, 2021; Ordóñez et al., 2023)	Uso de tecnología BC en PYMEs agrícolas.	Desarrollo de plataformas accesibles y capacitación especializada.

Conclusiones

La conclusión de esta revisión es que el uso de tecnologías de la industria 4.0 aplicadas a la agricultura puede aumentar la eficiencia de la cadena de producción, optimizar los recursos o permitir el acceso a nuevos servicios que pueden ser de gran ayuda, entre otros a los agricultores de los países con bajos ingresos gracias al uso extensivo de la tecnología de telefonía móvil.

La tecnología *BC* tiene el potencial de revolucionar la agricultura al abordar desafíos clave y mejorar la eficiencia y sostenibilidad. La colaboración entre los actores de la industria, el gobierno y los desarrolladores de tecnología es fundamental para superar los obstáculos y aprovechar al máximo los beneficios de esta innovación en la agricultura del siglo XXI, para construir un ecosistema agrícola más eficiente, transparente y sostenible.

Referencias

- Akram, SV, Malik, PK, ..., & Tanwar, S (2020). Adoption of blockchain technology in various realms: Opportunities and challenges. *Security and Privacy*, 3(5), e109.
- Albid, M, Abujudeh, S, & Szúcs, I (2022). The role of blockchain in revolutionizing the agricultural sector. *Sustainability*, 14(7), 4313.
- Carson, B, Romanelli, G, ..., & Zhumaev, A (2018). Blockchain beyond the hype: What is the strategic business value. *McKinsey & Company*, 1, 1-13.
- Chang, Y, Iakovou, E, & Shi, W (2020). Blockchain in global supply chains and cross border trade: a critical synthesis of the state-of-the-art, challenges and opportunities. *International Journal of Production Research*, 58(7), 2082-2099.
- Chen, W (2018). Administrative rules and regulations for the introduction of food information traceability in blockchain Ph. D. thesis, Shanghai Normal University, Shanghai].
- Commission, E (2023). European Blockchain Regulatory Sandbox. Retrieved March 29 from <https://digital-finance-platform.ec.europa.eu/cross-border-services/ebsi>
- Dal Mas, F, Massaro, M, ..., & Raguseo, E (2023). Blockchain technologies for sustainability in the agrifood sector: A literature review of academic research and business perspectives. *Technological Forecasting and Social Change*, 187, 122155.
- Durrant, A, Markovic, M, ..., & Enright, J (2021). How might technology rise to the challenge of data sharing in agri-food? *Global Food Security*, 28, 100493.
- Gao, F, Zhu, L, ..., & Ren, K (2018). A blockchain-based privacy-preserving payment mechanism for vehicle-to-grid networks. *IEEE network*, 32(6), 184-192.
- Ge, L, Brewster, C, ..., & de Wildt, MR (2017). Blockchain for agriculture and food: Findings from the pilot study. *Wageningen Economic Research*.
- Haferkom, M, & Quintana Diaz, JM (2015). Seasonality and interconnectivity within cryptocurrencies-an analysis on the basis of bitcoin, litecoin and namecoin. *Enterprise Applications and Services in the Finance Industry: 7th International Workshop, FinanceCom 2014, Sydney, Australia, December 2014, Revised Papers 7*.
- Jabbar, S, Lloyd, H, ..., & Raza, U (2021). Blockchain-enabled supply chain: analysis, challenges, and future directions. *Multimedia systems*, 27, 787-806.
- Janssen, M, Weerakkody, V, ..., & Irani, Z (2020). A framework for analysing blockchain technology adoption: Integrating institutional, market and technical factors. *International Journal of Information Management*, 50, 302-309.
- Jothikumar, R (2021). Applying blockchain in agriculture: A study on blockchain technology, benefits, and challenges. In *Deep Learning and Edge Computing Solutions for High Performance Computing* (pp. 167-181). Springer.
- Kamath, R (2018). Food traceability on blockchain: Walmart's pork and mango pilots with IBM. *The Journal of the British Blockchain Association*, 1(1).
- Lashkari, B, & Musilek, P (2021). A comprehensive review of blockchain consensus mechanisms. *IEEE Access*, 9, 43620-43652.
- Montecchi, M, Plangger, K, & Etter, M (2019). It's real, trust me! Establishing supply chain provenance using blockchain. *Business Horizons*, 62(3), 283-293.
- Mukherjee, AA, Singh, RK, ..., & Bag, S (2022). Application of blockchain technology for sustainability development in agricultural supply chain: Justification framework. *Operations Management Research*, 15(1), 46-61.
- Noor, SE, Ahmad, A, ..., & Hornos Barranco, MJ (2022). Learning the basics of cryptography with practical examples.
- Okorie, O, Salonitis, K, ..., & Tiwari, A (2018). Digitisation and the circular economy: A review of current research and future trends. *Energies*, 11(11), 3009.
- Ordóñez, J, Alexopoulos, A, ..., & Martos, V (2023). Blockchain in agriculture: a PESTELS analysis. *IEEE Access*.
- Queiroz, MM, & Wamba, SF (2019). Blockchain adoption challenges in supply chain: An empirical investigation of the main drivers in India and the USA. *International Journal of Information Management*, 46, 70-82.
- Rijanto, A (2021). Business financing and blockchain technology adoption in agroindustry. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 12(2), 215-235.
- Subramanian, N, Chaudhuri, A, ..., & Kayikci, Y. (2020). Blockchain applications in food supply chain. *Blockchain and Supply Chain Logistics: Evolutionary Case Studies*, 21-29.
- Sylvester, G (2019). E-agriculture in action: blockchain for agriculture, opportunities and challenges. *FAO*.
- Tayeb, S, & Lago, F (2018). Blockchain technology: between high hopes and challenging implications. *The Mena Business Law Review*, First Quarter, 34-43.
- Torky, M, & Hassanein, AE (2020). Integrating blockchain and the internet of things in precision agriculture: Analysis, opportunities, and challenges. *Computers and Electronics in Agriculture*, 178, 105476.
- van den Heuvel, R, van de Wetering, R, ..., & Trienekens, J (2021). How Distributed Ledger Technology Can Influence Trust Improving Data Sharing in Collaborative Networks. *Exploring Innovation in a Digital World: Cultural and Organizational Challenges*.
- Xiong, H, Dalhaus, T, ..., & Huang, J (2020). Blockchain technology for agriculture: applications and rationale. *frontiers in Blockchain*, 3, 7.
- Zhou, Q, Wang, Y, & Fu, X (2016). Information asymmetry, blockchain and food safety. *Res. China Mark. Superv.*, 11(1), 53-56.